ГУАП

кафедра №3

Отчет защищен с оценкой

Преподаватель

доцент, к.т.н, доцент		Царёв Ю.Н.
должность, ученая ст., звание	дата, подпись	фамилия, инициалы

Отчет о лабораторной работе № 4

„Исследование магнитного поля соленоида"

по курсу: общая физика

Работу выполнила студентка гр. 1732

	21.3.18	Салмкина С.А.
	дата, подпись	фамилия, инициалы

Санкт-Петербург

2018

Лабораторная работа № 4

„Исследование магнитного поля соленоида"

Протокол измерений

Студентка гр. 1732 Сапожкина С. А.

Преподаватель Царев Ю.Н.

Параметры приборов

прибор	предел измерений	цена деления	класс точности	систематическая погрешность
миллиамперметр	300 мА	10 мА	—	5 мА
гальванометр	70 дел.шк	1 дел.шк	—	0,5 дел.шк.

Результаты измерений

	1	2	3	4	5	$B_{ср}$
B (дел/шк)	54	55	55	53	54	54,2

X (см)	0	1	2	3
λ_1	25	33	38	40
λ_2	23	32	39	39
λ_3	24	34	38	40
λ_4	23	32	38	40
λ_5	24	33	37	40
$\lambda_{ср}$ (дел/шк)	23,8	32,8	38	39,8

Подпись преподавателя

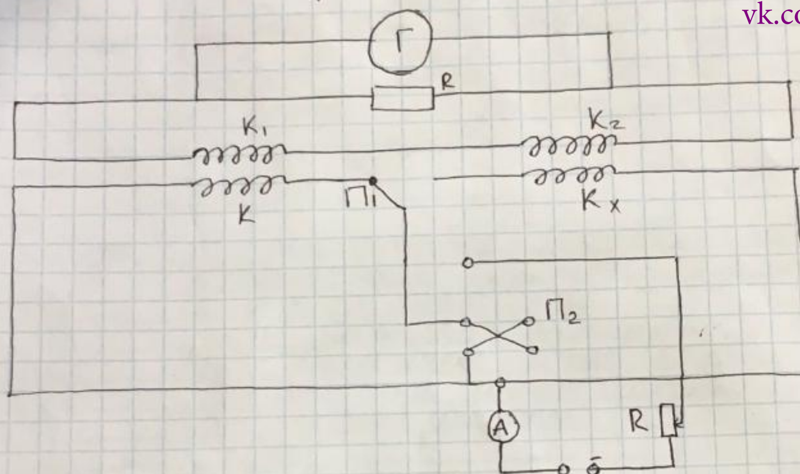
Подпись студента

Дата 7.3.18.

…ель работы:

1. исследование распределения напряженности магнитного поля вдоль оси соленоида

2. Описание лабораторной установки:



В данной работе используется баллистический гальванометр. Измерительная часть лабораторной установки состоит из двух индуктивно связанных цепей. Одну цепь образует гальванометр Г, соединенный последовательно с двумя катушками K_1 и K_2. Другая цепь состоит из катушек K и K_x, на оси которых измеряется напряженность магнитного поля. Они поочередно подключаются с помощью $П_1$ к источнику постоянного напряжения. В этой же цепи – реостат R и амперметр A. Переключатель $П_2$ позволяет изменить направление силы тока в подключенной катушке. Катушки K и K_1 служат для градуировки гальванометра. Катушка K_1 – первичная обмотка трансформатора, на которую, в виде вторичной обмотки, намотана катушка K.

Параметры приборов

прибор	предел измерений	цена деления	класс точности	систематическая погрешность
миллиамперметр	300 мА	10 мА	–	5 мА
гальванометр	70 дел.шк.	1 дел.шк.	–	0,5 дел.шк.

3. Рабочие формулы:

$$H = \frac{1}{2} n I (\cos\alpha_2 + \cos\alpha_3) , \qquad (1)$$

где H – напряженность магнитного поля в точке на оси внутри соленоида, А/м
n – число витков на 1м длины обмотки ($n = \frac{N}{L}$)
I – сила тока соленоида, А
α_2 и α_3 – углы, под кот-ми из точки на оси соленоида „видны" радиусы витков соленоида у его ближнего и дальнего концов ($\alpha_3 = \pi - \alpha_1$)

$$C' = \frac{2MI}{\beta} , \qquad (2)$$

где C' – баллистическая постоянная установки,
M – коэффициент взаимной индукции катушек K и K_1 ($M = \mu_0 n N_1 S_1$, где
μ_0 – магнитная постоянная, $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
N_1 – полное число витков катушки K_1
S_1 – поперечное сечение катушки K_1)
β – световой указатель

$$H_x = \frac{C' \lambda}{2 \mu_0 N_2 S_2} , \qquad (3)$$

где H_x – напряженность поля в произвольной точке оси катушки, А/м
N_2 – полное число витков катушки K_2
S_2 – поперечное сечение катушки K_2

4. Результаты измерений и вычислений:

$I = 0{,}15\,A$; $L = 0{,}07$ м; $\varnothing k_1 = \varnothing k_2 = 36$ мм; $\varnothing K = \varnothing K_x = 48$ мм

$N_1 = 98$ витков; $N_2 = 342$ витка; $N = 3800$ витков

Результаты измерений

(таблица 4.1.)

	1	2	3	4	5	$B_{ср}$
B (дел. шк.)	54	55	55	53	54	54,2

(таблица 4.2.)

x (м)	0	0,01	0,02	0,03
λ_1	25	33	38	40
λ_2	23	32	39	39
λ_3	24	34	38	40
λ_4	23	32	38	40
λ_5	24	33	37	40
$\lambda_{ср}$ (дел. шк.)	23,8	32,8	38	39,8

Результаты вычислений:

(таблица 4.3.)

x (м)	0	0,01	0,02	0,03
$\cos\alpha_2$	0,833	0,735	0,536	0,200
$\cos\alpha_3$	0,833	0,882	0,916	0,942
H, А/м	6782,99	6583,49	5911,71	4649,57
H_x, А/м	1025,55	1413,36	1637,43	1714,99

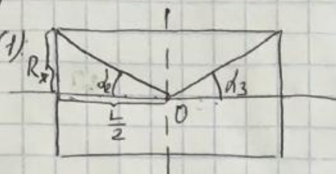
$C' = 37{,}7 \cdot 10^{-6}$; $\theta_{C'} = 1{,}6 \cdot 10^{-6}$;

$\theta_{H_0} = 65{,}07$ А/м ; $\theta_{H_2} = 91{,}04$ А/м ;

$\theta_{H_1} = 81{,}53$ А/м ; $\theta_{H_3} = 94{,}33$ А/м ;

5. Примеры вычислений:

по ф-ле (1)



$$\cos\alpha_2 = \cos\alpha_3 = \frac{L}{2\sqrt{R^2+(L/2)^2}}$$

$$\cos\alpha_2 = \cos\alpha_3 = \frac{0{,}07}{2\cdot\sqrt{0{,}024^2+0{,}035^2}}$$

$$\cos\alpha_2 = \cos\alpha_3 = 0{,}833$$

$$H = \frac{1}{2}\cdot\frac{3800}{0{,}07}\cdot 0{,}15\cdot 2\cdot 0{,}833 = 6782\ (А/м)$$

по ф-ле (2): $M = \mu_0 n N_1 S_1$, $C' = \frac{2MI}{\beta}$, тогда

$$C' = \frac{2\mu_0\ N\cdot N_1\cdot R_1^2\cdot\pi}{L\beta_{ср}} = \frac{2\cdot4\cdot\pi^2\cdot10^{-7}\cdot3800\cdot98\cdot0{,}018^2}{0{,}07\cdot54{,}2} = 37{,}7\cdot10^{-6}$$

по ф-ле (3):

$$H_0 = \frac{C'\lambda_{ср_0}}{2\mu_0\cdot N_2\cdot R_2^2\cdot\pi} = \frac{37{,}7\cdot10^{-6}\cdot23{,}8}{2\cdot4\cdot\pi^2\cdot10^{-7}\cdot342\cdot0{,}018^2} = 1025{,}55\ (А/м)$$

6. Вычисление погрешностей:

Систематические погрешности:

1) $\theta_I = 5\cdot10^{-3}$ А

2) $\theta_\beta = \theta_\lambda = 0{,}5$ дел. шк.

3) $\theta_{C'} = C'\left(\frac{\theta_I}{I} + \frac{\theta_\beta}{\beta}\right)$, т.к. $C' = \frac{2MI}{\beta}$

$$\theta_C' = 37{,}7\cdot10^{-6}\left(\frac{5\cdot10^{-3}}{0{,}15} + \frac{0{,}5}{54{,}2}\right) = 1{,}6\cdot10^{-6}$$

4) $\theta_{H_x} = H_x\cdot\left(\frac{\theta_{C'}}{C'} + \frac{\theta_\lambda}{\lambda}\right)$

$$\theta_{H_0} = 1025{,}55\cdot\left(\frac{1{,}6\cdot10^{-6}}{37{,}7\cdot10^{-6}} + \frac{0{,}5}{23{,}8}\right) = 65{,}07\ (А/м)$$

7. Вывод: я исследовала распределение напряженности магнитного поля вдоль оси соленоида и получила след. значения:

+ $C' = (37{,}7 \pm 1{,}6)\cdot10^{-6}$

$H_0 = (1020 \pm 70)$ А/м

$H_1 = (1410 \pm 80)$ А/м ? 1410 ± 80

$H_2 = (1640 \pm 90)$ А/м

$H_3 = (1700 \pm 100)$ А/м

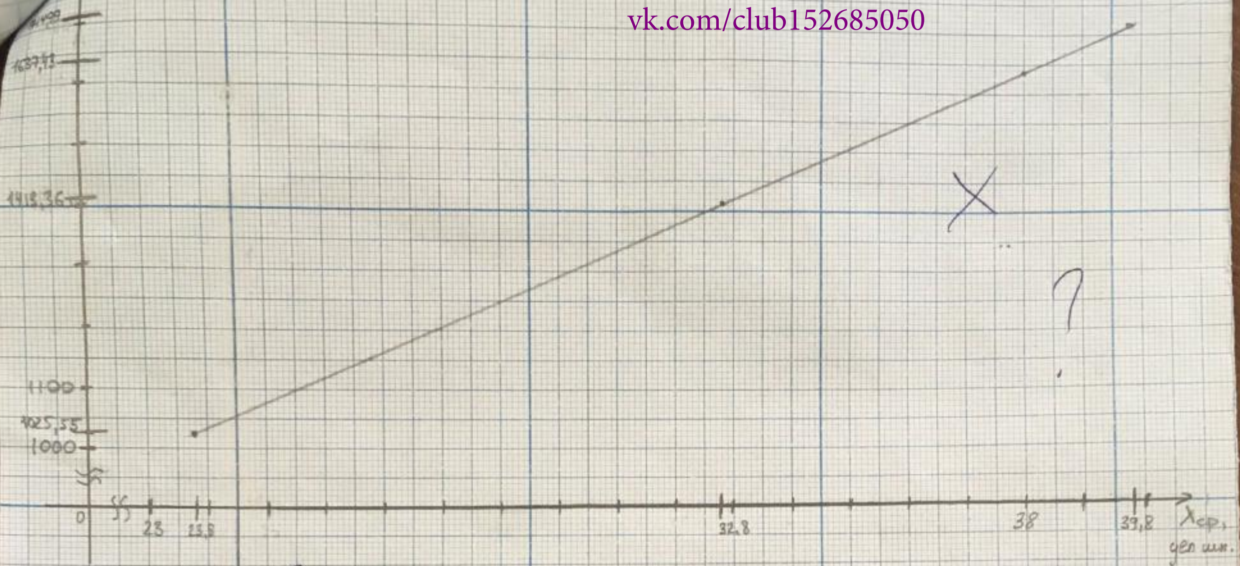
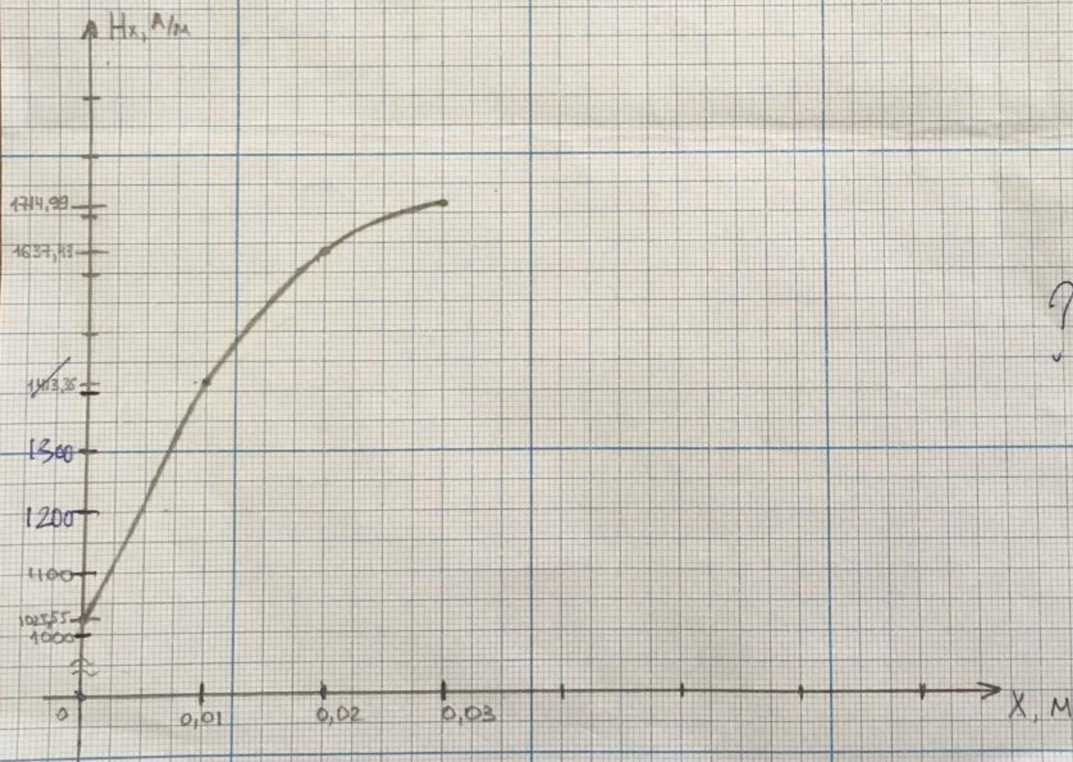
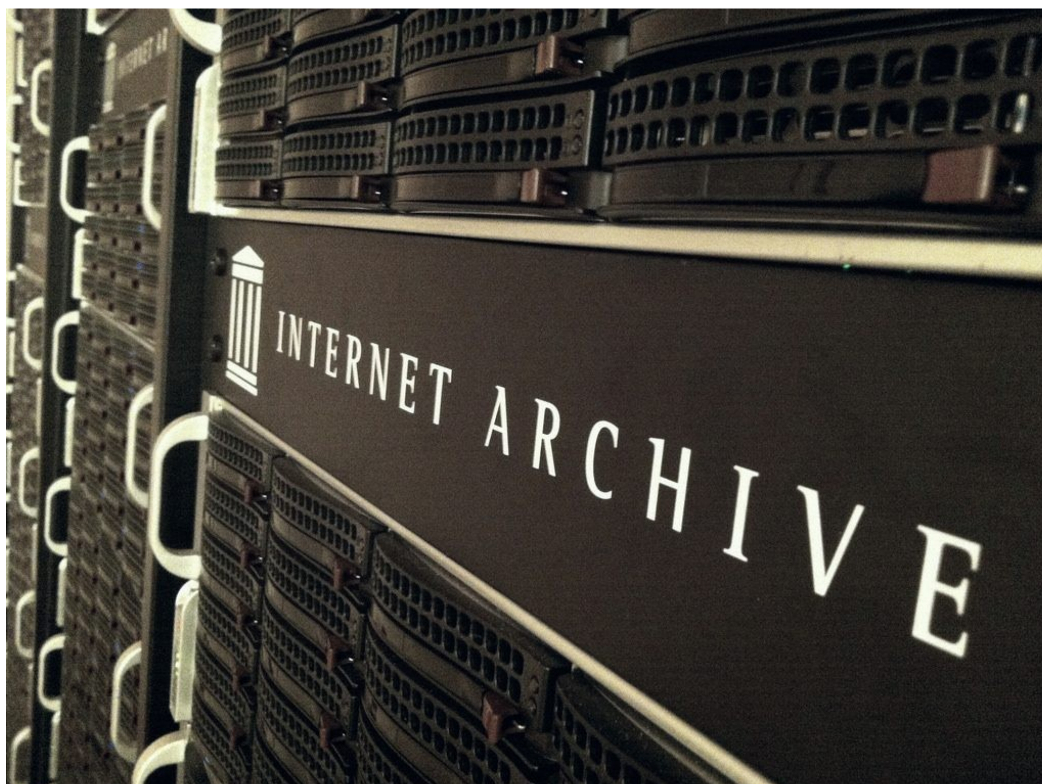

А/м
1637,43
1413,36
1100
1025,55
1000
0
23
32,8
38
39,8
λср,
дел.шк.
X
?

Рис. 1


Hx, А/м
1714,98
1637,43
1300
1200
1100
1025,55
1000
0
0,01
0,02
0,03
X, м
?



ОТВЕТЫ --->>СКАЧАТЬ https://archive.org/details/@guap4736_vkclub152685050

Имя

- Индивидуальное задание
- ЛР исследование гистерезиса ферромагнитных материалов
- ЛР определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля зе...
- ЛР определение удельного заряда электрона
- ЛР определение электроемкости конденсатора
- ЛР процессы установления тока при разрядке и зарядке конденсаторов
- Методички
- тест LMS 1
- Экзамен
- Бипризма Френеля 1
- Кольца Ньютона 1
- КОНТАКТЫ
- Литвинова Надежда Николаевна
- ЛР исследование магнитного поля соленоида
- ЛР кольца Ньютона
- ЛР Проверка законов теплового излучения
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 1
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 2
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 3
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 4
- Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
- Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
- Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...
- Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...

ОТВЕТЫ -->>СКАЧАТЬ https://yadi.sk/d/PgjdK_eMGWoIJQ

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛЕНОИДА

Цель работы: исследование распределения напряженности магнитного поля вдоль оси соленоида.

Методические указания

Закон Био–Савара–Лапласа позволяет получить выражение для определения напряженности магнитного поля H, создаваемого током соленоида на его оси

$$H = \frac{1}{2} nI(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1), \tag{1}$$

где H – напряженность магнитного поля; n – число витков на один метр длины обмотки; I – сила тока соленоида; α_1 и α_2 – углы, под которыми из точки на оси соленоида «видны» радиусы витков соленоида у его ближнего и дальнего концов (рис. 1, *а*). Если точка на оси соленоида, в которой вычисляется напряженность магнитного поля, расположена внутри соленоида (рис. 1, *б*), то один из углов тупой и формула (1) может быть преобразована к следующему виду:

$$H = \frac{1}{2} nI\left(\cos\alpha_2 + \cos\alpha_3\right), \tag{2}$$

где $\alpha_3 = \pi - \alpha_1$. В центре соленоида, длина которого значительно больше его радиуса (рис. 1, *а* и *б*), напряженность магнитного поля приближенно

$$H = nI. \tag{3}$$

Соответственно, на концах соленоида

$$H = \frac{1}{2} nI. \tag{4}$$

При многослойной обмотке соленоида магнитное поле на его оси является результатом наложения полей, создаваемых отдельными

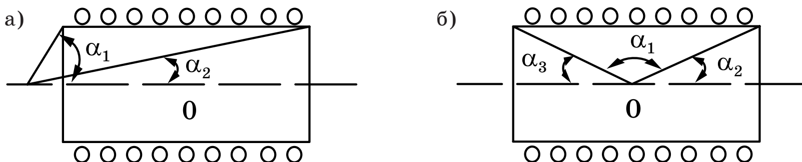


Рис. 1. *Определение магнитного поля соленоида*

слоями. Поля, создаваемые каждым слоем обмотки соленоида, рассчитываются по формулам (1) и (2).

Таким образом, магнитное поле на оси многослойного соленоида качественно не отличается от магнитного поля однослойного соленоида. Количественное различие учитывается при определении числа витков на единицу длины соленоида в формулах (1) и (2).

Описание лабораторной установки

Определение напряженности магнитного поля можно производить различными способами. В данной лабораторной работе для этого используется баллистический гальванометр, устройство и принцип действия которого описаны в лабораторной работе № 1. Измерительная часть лабораторной установки состоит из двух индуктивно связанных цепей (рис. 2). Одну цепь образует гальванометр *Г*, соединенный последовательно с двумя катушками *K1* и *K2*. Другая цепь состоит из катушек *K* и K_x.

Измерительная часть лабораторной установки состоит из двух индуктивно связанных цепей (рис. 2). Одну цепь образует гальванометр *Г*, соединенный последовательно с двумя катушками *K1* и *K2*. Другая цепь состоит из катушек *K* и K_x, на оси которых измеряется напряженность магнитного поля. Они поочередно подключаются с помощью переключателя *П1* к источнику постоянного напряжения. В этой же цепи имеются реостат *R* и амперметр *A* для регулировки и измерения силы тока в катушках *K* и K_x. Переключатель *П2* позволяет изменять направление силы тока в подключенной катушке.

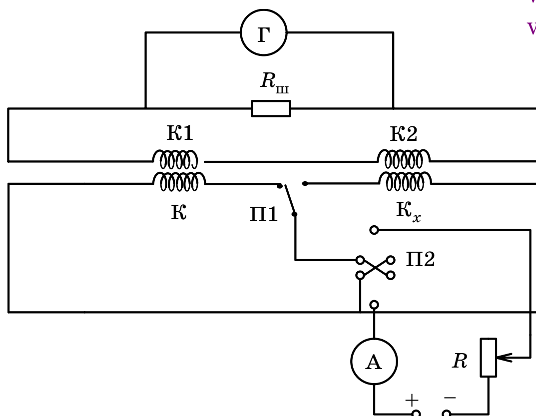


Рис. 2. *Электрическая схема лабораторной установки*

Катушка K и измерительная катушка $K1$ служат для градуировки баллистического гальванометра, заключающейся в определении его баллистической постоянной. Катушка $K1$ представляет собой первичную обмотку трансформатора, на которую в виде вторичной обмотки намотана катушка K. Напряженность магнитного поля в центре катушки K определяется по формуле (3). Магнитный поток Φ_1, пронизывающий обмотку измерительной катушки $K1$

$$\Phi_1 = \mu\mu_0 H S_1 N_1 = \mu\mu_0 S_1 N_1 I n, \tag{5}$$

где $n = \dfrac{N}{L}$ – число витков на единицу длины катушки K; N – общее число витков катушки K; L – длина катушки; μ_0 – магнитная постоянная системы СИ; μ – магнитная проницаемость сердечника катушки (в нашем случае $\mu = 1$); N_1 – полное число витков катушки $K1$; $H = nI$ – напряженность магнитного поля в центре катушки K, создаваемого током I. При изменении направления тока в нормальной катушке K на противоположное магнитный поток, пересекающий витки измерительной катушки $K1$, изменится на величину $2\Phi_1$ и в катушке $K1$ возникнет ЭДС индукции. В замкнутой цепи баллистического гальванометра потечет кратковременный электрический ток. Рамка гальванометра повернется вместе с зеркальцем, укрепленным на ней. Световой указатель сместится по шкале гальванометра на количество делений β. Количество электричества, прошедшего через катушку $K1$ при протекании кратковременного индукционного тока, пропорционально смещению светового указателя по шкале гальванометра

$$q_1 = C\beta, \tag{6}$$

где C – баллистическая постоянная гальванометра, выраженная в кулонах на величину деления шкалы. Количество электричества q_1 определяется из закона электромагнитной индукции Фарадея

$$q_1 = \frac{2\Phi_1}{R}, \tag{7}$$

где R – полное сопротивление цепи баллистического гальванометра.

Из (6) и (7) находим

$$C = \frac{2\Phi_1}{\beta R}. \tag{8}$$

Подставляя значение Φ_1 из (5) в (8), получим

$$C = \frac{2\mu_0 n S_1 N_1 I}{\beta R} = \frac{2MI}{\beta R}, \tag{9}$$

где M – коэффициент взаимной индукции катушек K и $K1$

$$M = \mu_0 n N_1 S_1. \qquad (10)$$

При всех измерениях катушки *К2* и *К1* остаются соединенными последовательно, и поэтому сопротивление цепи гальванометра остается неизменным. Исходя из этого, при практических измерениях более удобно пользоваться не баллистической постоянной гальванометра C, а величиной $C' = CR$, которую следует назвать баллистической постоянной установки. Тогда, воспользовавшись равенством (9), найдем

$$C' = \frac{2MI}{\beta}. \qquad (11)$$

Таким образом, зная ток I, протекающий через катушку K, и измерив отклонение светового указателя β, можно вычислить баллистическую постоянную установки C'.

Пусть N_2 – полное число витков; S_2 – поперечное сечение измерительной катушки K_x. Если в катушке K_x, на оси которой следует измерить напряженность магнитного поля, изменить направление тока на противоположное, то витки катушки *К2* пересечет магнитный поток

$$2\Phi_2 = 2\mu_0 H_x N_2 S_2. \qquad (12)$$

При этом через рамку гальванометра протечет заряд q_2, равный

$$q_2 = \frac{2\Phi_2}{R} = C\lambda = \frac{C'}{R}, \qquad (13)$$

где λ – отклонение светового указателя по шкале гальванометра.

Подставив в (13) выражение для Φ_2, определим напряженность магнитного поля в произвольной точке оси катушки

$$H_x = \frac{C'\lambda}{2\mu_0 N_2 S_2}. \qquad (14)$$

Порядок выполнения работы

После ознакомления со схемой установки и лабораторным макетом определяют баллистическую постоянную установки C'. Для этого подключают с помощью переключателя *П1* катушку K к источнику питания и устанавливают реостатом R ток, указанный преподавателем (100–150 мА). Изменив направление тока в катушке K переключателем *П2*, измеряют отклонение светового указателя β и по формуле (11) вычисляют баллистическую постоянную установки. Измерения следует производить не менее шести раз при двух значениях силы тока I в катушке K. Далее измерительную катушку *К2* располагают внутри

катушки K_x и при помощи переключателя *П1* подключают катушку K_x к источнику питания. Изменив направление силы тока в катушке K_x при помощи переключателя *П2*, измеряют отклонение светового указателя λ. Для измерения величины перемещения катушки *K2* относительно исследуемого соленоида K_x на стержне, совмещенном с осью соленоида K_x, нанесены деления. Цена деления $\Delta l = 5$ мм. Последовательно перемещая катушку *K2* внутри соленоида K_x через одно деление, повторяют измерения. Измерения производят до тех пор, пока катушка *K2* не будет полностью выдвинута из соленоида K_x. Данные измерений заносятся в табл. 1.

Вычисление результатов и оформление отчета

Рассчитывают средние значения отклонений светового указателя β и баллистическую постоянную C' для двух значений силы тока. По средним значениям отклонений светового указателя λ вычисляют величины напряженностей магнитного поля на оси исследуемого соленоида K_x, а также для двух значений силы тока, указанных преподавателем. Данные вычислений заносятся в таблицу.

По формулам (1) и (2) с учетом размеров катушки K_x рассчитывают напряженность магнитного поля. Данные вычислений заносят в табл. 1.

Таблица 1

l, м	$\cos\alpha_1$	$\cos\alpha_2$	H_x, А/м

В табл. 1 через l обозначено расстояние, отсчитываемое от центральной точки на оси соленоида до точки, в которой производится вычисление напряженности магнитного поля (рис. 1, *б*). Строят графики зависимости H_x от λ по экспериментально полученным данным и данным, полученным в результате вычислений H_x по формулам (1) и (2). Оба графика строят на одном листе миллиметровки.

Рассчитывают неисключенные систематические погрешности для β и одного из значений C', а также для одного из значений λ и H_x при неизменном значении силы тока.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дайте определения магнитной индукции, напряженности магнитного поля, магнитного потока.

2. В каких единицах измеряются магнитная индукция, напряженность магнитного поля, магнитный поток?

3. В чем состоит закон электромагнитной индукции Фарадея?

4. Дайте определение коэффициента взаимной индукции.

5. Напишите и поясните формулу для вычисления напряженности магнитного поля на оси соленоида.

6. Опишите принцип действия баллистического гальванометра.

7. Дайте вывод формулы для вычисления баллистической постоянной установки C', опишите методику измерений.